5 / 植物誘導性抗病

安寶貞、蔡志濃、林筑蘋

自然界有一些化學物質或微生物均能刺激植物啟動後天之防禦系統，產生抗生物質 (anti-pathogen substances)，增強抗病性，以對抗入侵的病原菌，稱為植物誘導抗性 (induced resistance)。「誘導抗性」可分為兩個類型，分別為「系統獲得抗性 (systemic acquired resistance，SAR)」 和「誘導系統抗性 (induced systemic resistance，ISR)」。水楊酸是 SAR 產生的主要訊號之一；而茉莉酸和乙烯為 ISR 產生的重要訊息分子。受誘導的植物，當遇到病菌入侵時，其體內的 phenyl alanine ammonia lyase (PAL) 活性會急速增強，大量合成植物防禦素與產生過敏性反應，增強主動防禦能力。根圈螢光細菌能刺激植物生長，被稱為 Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR)，而拮抗微生物中，如木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 或膠狀青黴菌 (*Giocladium* spp.) 除了能直接對抗病原菌外，亦有增強植物防病的功能。

「誘導抗性」可作為植物保護的新手段，一般具有系統性與廣效性，且不易使病原菌產生抗藥性。目前廣為研究者包括磷酸鹽類與微生物的誘導抗性等，但在實用案例上，目前僅有亞磷酸可以有效且廣泛之應用於植物病害防治。當使用得當時，幾乎可以完全預防作物的疫病與相關卵菌類引起之病害。它的機制就如同人與動物施打了預防針一般，當特定的病原菌入侵時，植物可以判識，立即啟動防禦體系，產生植物防禦素 (phytoalexin)，與病原菌打仗。

亞磷酸

在 1980 年代一種防治疫病的化學農藥「福賽得」研發成功後，發現其代謝產物中的亞磷酸 (phosphorous acid, H_3PO_3) 為主要抑病物質。此後，亞磷酸才被探討研究與開發成商品使用。在自然界，亞磷酸鹽原為天然磷礦鹽的一部份，為一種緩效性磷肥。亞磷酸的純品 (92−99%) 為白色結晶，易潮解，其水溶液之酸鹼值約為 pH 2−3，強酸性，且易氧化成磷酸離子，因此須以強鹼物質中和，才不會造成肥傷。此外，亞磷酸鈉在醫學上用為催吐劑。目前，在國外已有不少亞磷酸與亞磷酸鹽產品上市。在臺灣，早年雖然亦曾多次進口亞磷酸之相關產品，但因其易氧化失效與價格昂貴，未能成功使用。近年來，農試所研發出非常簡便、有效、安全的中和亞磷酸調配與使用方法，說明如下。

一、中和亞磷酸溶液 (neutralized phosphorous acid, NPA) 之配製

亞磷酸為強酸，使用時須以氫氧化鉀 (KOH) 以 1:1 等重量中和後使用。使用前，先將 95−98% 的工業級亞磷酸先溶解於水中 (吸熱反應)，再將等重量之 85% 工業級氫氧化鉀 (放熱反應) 加入亞磷酸溶液中 (切不可將兩種化學品同時加入水，以避免酸鹼中和造成激烈反應)，調配好之 NPA 溶液約 pH6.5−6.8，為弱酸性。亞磷酸溶於水後，易氧化成磷酸，降低防病效果，故配製好之 NPA 溶液，宜當日使用。亞磷酸因易潮解，必須密封 (開封後須加入防潮劑並以電線用膠布密閉)。此外，勿用手直接碰觸亞磷酸與氫氧化鉀。目前市面上亦有調配好之濃縮中性亞磷酸溶液販售，使用時須注意稀釋倍數。

二、中和亞磷酸使用濃度與方法

(一)**葉面噴佈：**500–1,000 倍稀釋液 (如 100 公升水中含有 100 g 亞磷酸與 100 g 氫氧化鉀，即為 1,000 倍稀釋液；加入 200 g 亞磷酸與 200 g 氫氧化鉀即為 500 倍稀釋液)。一般於雨期來臨前，每 7 日施用一次，至少 3 次，可保護植物約 1–2 個月。

(二)**果實噴佈：**1,000 倍稀釋液。果實表面有油胞或蠟質，不可提高使用濃度，以免引起藥害。使用時期為結果後，於雨季來臨前，每 7 日一次，共 3 次。連續採收之果實與採果期均可使用。

(三)**土壤灌注：**根圈土壤與莖基部灌注 200–500 倍稀釋液。使用後 7 天內，盡量勿澆水。健康植物使用亞磷酸之效果更佳，一年使用 1–2 次即可；已經罹病之果樹於雨期來臨前，每月 1 次，共 2 次，以後每隔 3 個月一次。蔬菜、花卉於雨期來臨前，每 7–14 日灌注一次，病情嚴重時，可縮短使用時間。

(四)**樹幹注射：**可以將調配好的 NPA 以吊點滴方式，打入植物體內，防治根部病害的效果非常良好，且使用劑量非常低，稀釋 100–500 倍。一年使用 1 次即可。

三、亞磷酸的防病機制、移行及功效

亞磷酸鹽直接殺菌的效果較差，但間接增強寄主抗病性的功能很強。亞磷酸施用於植物，被葉片、根系吸收，等病菌入侵後，植株啟動 PAL 防禦系統，產生大量植物防禦素，遏止病菌入侵 (圖 1)。亞磷酸在植株體內的下移性良好，但上移性並不佳，因此，防治地上部病害以全株噴施為佳；而防治根部病害，則以樹幹注射或土壤灌注為宜。此外，亞磷酸施用於母株，對種球病害的防治效果亦非常良好；施用於採果期之果實，對儲藏期疫病的防治效果亦甚佳；但如果施用亞磷酸於採收後的果實，則成效不彰。由於亞磷酸的主要機制為誘導抗性，葉面噴布以連續施用 3 次為佳，方可

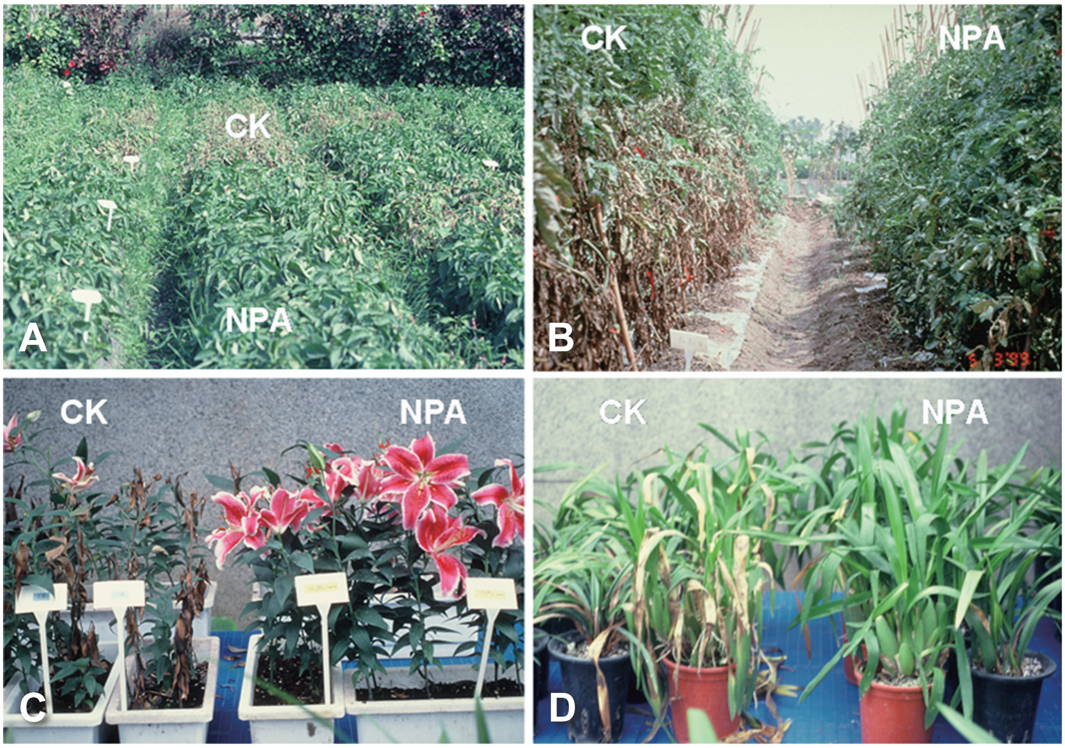

圖 1. 亞磷酸防治植物病害：馬鈴薯晚疫病 (A)；番茄晚疫病 (B)；百合疫病 (C)；文心蘭疫病 (D)。

完全啟動防禦系統。一般葉面噴布稀釋 1,000 倍之 NPA 一次，有 60–80% 的防病效果，噴布兩次，有 80–90% 的防病效果，連續噴布三次，防病效果約在 90–95% 以上。此外，亞磷酸在植物體內並不能取代磷酸成為肥料，但可以減緩磷酸之過量吸收，當亞磷酸被輸送到植株根部時，則可被土壤微生物代謝成磷酸，有益於下期作物之生育。

四、亞磷酸之防病範圍

亞磷酸防治卵菌 (Oomycetes) 引起的病害的防治效果最佳，包括疫病 (Phytophthora diseases)、荔枝露疫病、露菌病、白銹病以及腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起之病害等。此外，筆者實驗發現，亞磷酸對一些葉部

病害亦有相當之抑制效果，如番茄、瓜類白粉病。此外，國外報告指出，亞磷酸可降低其他種類作物病害，包括核果類的根朽病 (Armillaria root rot)、蘋果白紋羽病及蘋果黑星病等。

亞磷酸防治植物病害實用案例

近年來，農試所的研究結果顯示，中和亞磷酸對番茄與馬鈴薯晚疫病、番椒與番茄疫病、柳橙與木瓜果實疫病、荔枝果實露疫病、柳橙果實褐腐病、金柑疫病、酪梨根腐病、果樹幼苗疫病、花卉與觀賞植物疫病 (包括蘭花、百合、非洲菊、日日春之疫病) (表 1) 均有良好防治效果。對於卵菌綱中其他菌類引起的病害亦同樣有良好的防治效果，包括金線連猝倒病、玫瑰露菌病、葡萄露菌病、蘿菜白銹病、莧菜白銹病等。此外，農試所亦發現亞磷酸有防治番茄白粉病、辣椒炭疽病，及延長荔枝保鮮的效果。

表 1. 亞磷酸鹽溶液 (NPA) 中和後防治作物卵菌病害之效果

作物	病害與病原菌	危害部位	施用方法	稀釋倍數 (倍)	防治效果 (%)	備　註
番茄、馬鈴薯	晚疫病 *Phytophthora infestans*	全株	葉面噴布	500–1,000	80–100	盆栽與田間試驗，每 7 天 1 次，連續使用 3 次以上。
甜椒、辣椒、番茄	疫病 *P. capsici*	根、莖、果實	葉面噴布	1,000	60–100	盆栽與田間試驗，每 7 天 1 次，連續使用。
			土壤灌注	200–500	60–100	每星期一次，連續 3 次。
木瓜	疫病 *P. palmivora*	果實	葉面與果實噴布	1,000	80–100	每 7 天 1 次，連續 7 次，田間試驗。

表 1 (續). 亞磷酸鹽溶液 (NPA) 中和後防治作物卵菌病害之效果

作物	病害與病原菌	危害部位	施用方法	稀釋倍數 (倍)	防治效果 (%)	備註
酪梨根腐病	疫病 *P. cinnamomi*	根腐	土壤灌注	200–500	80–100	盆栽與田間試驗，每月施用一次，連續 3 次。
			樹幹注射	200–500	80–100	每年一次。
金柑疫病	疫病 *P. citrophthora*	果實、枝葉根、莖	葉面噴布	1,000	60–100	盆栽試驗，每隔 7 天 1 次，連續 3 次。
			土壤灌注	200–500	80–100	每月施用一次，連續 3 次。
果樹苗木	疫病 *Phytophthora* spp.	根系、全株	葉面噴布＋土壤灌注	1,000 200–500	80–95	盆栽試驗，每月施用一次，連續 3 次。
非洲菊	疫病 *P. cryptogea*	主根、地際部	土壤灌注	200–500	60–90	田間試驗，每隔 7 天 1 次，使用 3 次。
虎頭蘭	疫病 *Phytophthora*	全株	葉面噴布	1,000	100	每隔 7 天 1 次，連續 3 次。
文心蘭	疫病 *Phytophthora*	全株	葉面噴布	1,000	90-95	每月施用 1 次，連續 3 次。
葵百合	疫病 *P. nicotianae*	全株	葉面噴布	1,000	80–90	每 7 天 1 次，施用 2 次。
			葉面噴布	1,000	95–100	每 7 天 1 次，施用 3 次。
葵百合	種球疫病 *P. nicotianae*	種球	葉面噴布	1,000	80–100	收穫前每 7 天 1 次，施用 3 次
日日春	疫病 *P. nicotianae*	全株	葉面噴布＋土壤灌注	1,000 200–500	60–95	每隔 7 天 1 次，連續 3 次。
荔枝	露疫病 *Phytophthora litchi*	果實	葉面與果實噴布	1,000	90–95	田間試驗，雨季來臨前，每 7 天 1 次，連續 3 次。
金線蓮	腐敗 *Pythium* spp.	幼苗全株	葉面噴布	1,000	100	溫室瓶苗 (謝式坪鈺教授資料)。

參考文獻

1. 安寶貞。1999。利用亞磷酸增強植物之抗病性以預防疫病。永續農業 10: 22-27。
2. 安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品－亞磷酸。植病會刊 10: 147-154。
3. 安寶貞、蔡志濃、謝廷芳。1998。利用亞磷酸防治作物疫病及荔枝露疫病。農業世界 183(11): 41-45.
4. 蔡志濃、安寶貞、王姻婷、王馨媛、胡瓊月。2009。利用中和後之亞磷酸溶液防治馬鈴薯與番茄晚疫病。台灣農業研究 58: 155-165。
5. Ann, P. J., Tsai, J. N., Wong, I. T., Hsieh, T. F., and Lin, C. Y. 2009. A simple technique, concentration and application schedule for using neutralized phosphorous acid to control Phytophthora diseases. Plant Pathol. Bull. 18: 185-195.
6. Ann, P. J., Tsai. J. N., and Yang, H. R. 2011. Control of Peronophythora fruit downy blight of lychee by neutralized phosphorous acid. Plant Pathol. Bull. 20: 90-97.
7. Ann, P. J., Wang, I. T. and Tsai, J. N. 2011. Control of *Phytophthora* disease of fruit tree seedlings by neutralized phosphorous acid. J. Taiwan. Agric. Res. 60: 149-156.